

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

1c525 U.S. PTO
09/660467
09/12/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 9月13日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第259346号

出 願 人
Applicant (s):

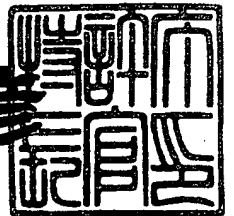
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 4月 7日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3025027

【書類名】 特許願

【整理番号】 12162501

【提出日】 平成11年 9月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 7/26

【発明の名称】 無線通信システム

【請求項の数】 9

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究
開発センター内

 【氏名】 松 岡 秀 浩

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究
開発センター内

 【氏名】 瀬 戸 一 郎

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究
開発センター内

 【氏名】 村 上 康

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地

 【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

 【識別番号】 100064285

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 佐 藤 一 雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100103263

【弁理士】

【氏名又は名称】 川 崎 康

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004444

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 無線通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線通信端末と、この無線通信端末と無線通信を行う基地局と、この基地局と有線伝送路を介して接続された制御局とからなる無線通信システムにおいて、

前記基地局は、

複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナと、

前記有線伝送路を介して前記制御局から伝送されてきた前記各アンテナ素子に対応した各々の送信信号を、前記有線伝送路を介して前記制御局にフィードバックするフィードバック手段を有し、

前記制御局は、

前記フィードバック手段からフィードバックされた前記各送信信号の中から、少なくとも二つの信号を比較し、位相差及び又は振幅変動量を検出する比較検出手段と、

前記比較検出手段で検出した位相差及び又は振幅変動量に基づいて、前記複数のアンテナ素子に対応した各々の送信信号を補償する補償手段とを有することを特徴とする無線通信システム。

【請求項 2】

前記フィードバック手段は、

前記複数のアンテナ素子への各送信信号に、位相及び又は振幅が既知のパイロット信号をそれぞれ挿入するパイロット信号挿入手段と、

前記パイロット信号挿入手段の各出力信号を多重化して前記有線伝送路を介して前記制御局に伝送する伝送手段と、を更に有し、

前記比較検出手段は、

前記パイロット信号に基づいて、前記基地局から前記制御局への受信系経路の位相差及び又は振幅変動量を検出する第 1 の検出手段と、

前記第 1 の検出手段の検出結果に基づいて、前記制御局から前記基地局への送信系経路の位相差及び又は振幅変動量を検出する第 2 の検出手段と、を有するこ

とを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信システム。

【請求項 3】

前記フィードバック手段は、

前記複数のアンテナ素子への各送信信号と、対応する前記アンテナ素子での受信信号とを合成する合成手段と、

前記合成手段により合成された各信号に、位相及び又は振幅が既知のパイロット信号をそれぞれ挿入するパイロット信号挿入手段と、

前記パイロット信号挿入手段の各出力信号を、それぞれ異なる周波数の信号に変換する複数の第 1 の周波数変換手段と、

前記複数の第 1 の周波数変換手段の各出力信号を多重化する周波数多重化手段と、

前記周波数多重化手段で多重化された信号を光変調して前記有線伝送路を介して前記制御局に伝送する電気／光変換手段と、を有し、

前記制御局は、

前記電気／光変換手段から前記有線伝送路を介して伝送されてきた光信号を電気信号に変換する光／電気変換手段と、

前記光／電気変換手段で変換された電気信号をそれぞれ異なる複数の周波数の信号に分配する分配手段と、

前記分配手段で分配された各信号を同一周波数の信号に変換する複数の第 2 の周波数変換手段と、を有し、

前記比較検出手段は、

前記複数の第 2 の周波数変換手段の各出力信号の中から、前記パイロット信号と前記複数のアンテナ素子への送信信号のフィードバック信号とを抽出する抽出手段と、

前記パイロット信号に基づいて、前記基地局から前記制御局への受信系経路の位相差及び又は振幅変動量を検出する第 1 の検出手段と、

前記第 1 の検出手段の検出結果に基づいて、前記制御局から前記基地局への送信経路の位相差及び又は振幅変動量を検出する第 2 の検出手段と、を有することを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信システム。

【請求項 4】

無線通信端末と、この無線通信端末と無線通信を行う基地局と、この基地局と有線伝送路を介して接続された制御局とからなる無線通信システムにおいて、

前記基地局は、

複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナと、

前記有線伝送路を介して前記制御局から伝送されてきた前記アンテナ素子に対応した各々の送信信号を、前記有線伝送路を介して前記制御局にフィードバックするフィードバック手段を有し、

前記制御局は、

前記複数のアンテナ素子に対応した前記各送信信号の少なくともいずれか一つと前記フィードバック手段からフィードバックされた信号の少なくともいずれか一つとを比較し、両者の絶対位相差及び又は絶対振幅変動量を検出する比較検出手段と、

前記比較検出手段の比較結果に基づいて、前記複数のアンテナ素子に対応した各々の送信信号を補償する補償手段と、を有することを特徴とする無線通信システム。

【請求項 5】

前記制御局は、

前記複数のアンテナ素子に対応した各々の送信信号のいずれか一つを選択する制御局内切替手段を有し、

前記比較検出手段は、前記制御局内切替手段で選択された送信信号と、該送信信号に対応する前記フィードバック手段からフィードバックされた信号とに基づいて、該送信信号の絶対位相差及び又は絶対振幅変動量とを検出することを特徴とする請求項 4 記載の無線通信システム。

【請求項 6】

前記フィードバック手段は、前記複数のアンテナ素子に対応した各々の送信信号のうちいずれか一つを選択して前記制御局にフィードバックする専用伝送経路を有し、

前記比較検出手段は、前記専用伝送経路を介して前記制御局にフィードバック

された信号と、該信号に対応する送信信号とを比較し、該送信信号の絶対位相差及び又は絶対振幅変動量を検出することを特徴とする請求項 4 記載の無線通信システム。

【請求項 7】

前記フィードバック手段は、

前記複数のアンテナ素子に対応した各々の送信信号と、対応する前記アンテナ素子での受信信号とを合成する合成手段と、

前記合成手段により合成された各信号を、それぞれ異なる周波数の信号に変換する複数の第 1 の周波数変換手段と、

前記複数の第 1 の周波数変換手段の各出力信号を多重化する周波数多重化手段と、

前記周波数多重化手段で多重化された信号を光変調して前記有線伝送路を介して前記制御局に伝送する第 1 の電気／光変換手段と、

前記複数のアンテナ素子への各送信信号のうちいずれか一つを選択する基地局内切替手段と、

前記基地局内切替手段で選択された送信信号を周波数変換する第 2 の周波数変換手段と、

前記第 2 の周波数変換手段の出力信号を光変調して前記専用伝送路を介して前記制御局に伝送する第 2 の電気／光変換手段と、を有し、

前記制御局は、

前記第 1 の電気／光変換手段から前記有線伝送路を介して伝送されてきた光信号を電気信号に変換する第 1 の光／電気変換手段と、

前記第 1 の光／電気変換手段で変換された電気信号を複数の周波数信号に分配する分配手段と、

前記分配手段で分配された各信号を同一周波数の信号に変換する複数の第 3 の周波数変換手段と、

前記第 2 の電気／光変換手段から前記専用伝送路を介して伝送されてきた光信号を電気信号に変換する第 2 の光／電気変換手段と、

前記複数のアンテナ素子に対応した各々の送信信号のいずれか一つを選択する

制御局内切替手段と、を有し、

前記比較検出手段は、前記基地局内切替手段および前記制御局内切替手段を順次に切り替えて、前記アンテナ素子のそれぞれごとに、該信号に対応する送信信号と前記第 2 の光／電気変換手段の出力信号とを比較し、該送信信号の絶対位相差及び又は絶対振幅変動量を検出することを特徴とする請求項 4 記載の無線通信システム。

【請求項 8】

前記アレーアンテナは、送受信ビームの指向性を変更可能なアダプティブアンテナであり、

前記制御局は、

前記アダプティブアンテナの指向性を変更するため、前記各アンテナ素子に対する位相及び振幅に関するアダプティブアンテナ重み係数を演算するアダプティブアンテナ重み係数演算手段とを更に具備し、

前記補償手段は、

前記比較検出手段の比較結果に基づいて、前記複数のアンテナ素子に対応した各々の送信信号の位相差及び又は振幅変動量を推定するための校正係数を演算する校正係数演算手段と、

前記アダプティブアンテナ重み係数と前記校正係数に基づいて送信重み係数と受信重み係数とを演算する重み係数演算手段と、

前記受信重み係数に基づいて、前記複数のアンテナ素子での受信信号の重み付けを行う第 1 の重み付け手段と、

前記送信重み係数に基づいて、前記複数のアンテナ素子への送信信号の重み付けを行う第 2 の重み付け手段とからなることを特徴とする請求項 4 記載の無線通信システム。

【請求項 9】

前記有線伝送路は、光ファイバを用いた伝送路であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、移動体と無線通信を行うためのアレーアンテナを有する無線基地局と、無線基地局の制御を行う制御局との間で、光ファイバ等の有線通信媒体を介してデータ通信を行う無線通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

比較的カバーエリアの狭い複数の無線基地局と一つの集中制御局とを光ファイバで接続し、各基地局と制御局の間で無線信号を光信号に変換して伝送するROF (Radio On Fiber) システムは、信頼性および広帯域性の面で優れ、また、緻密なサービスを行うことができるため、FTTH (Fiber To The Home) や加入者系無線や、ITS(Intelligent Transport System) 用のインフラとして有効である。

【0003】

特に、ROF システムを構築する場合に、制御局に変復調器や制御装置を設けて、各基地局を必要最小限の装置構成とすれば、基地局の簡素化、小型化および低コスト化が可能になる。このため、多数の基地局を道路沿い、地下街、トンネル等に配置することができ、効率的でかつ経済的なインフラ構築が可能となる。

【0004】

一方、基地局のアンテナとして、所望の端末局に対して指向性を持たせたり、あるいは他局からの干渉を抑圧したりして、任意の形状のカバーエリアを形成するアダプティブアンテナ技術が注目されている。

【0005】

アダプティブアンテナ技術は、複数のアンテナ素子から送受信される信号に位相および振幅に関する重み付けを行って放射パターンを制御するものである。放射パターンの制御方式として、主に、増幅器や移相器などのアナログ素子による重み付けを行う手法と、ディジタル信号に変換した後にディジタル信号処理により複素重み付けを行う手法がある。

【0006】

このアダプティブアンテナを基地局に備え、ROF 技術を用いて制御局と接続する無線通信システムがいくつか報告されている（例えば、特開平5-102894や特開

平10-145286)。アダプティブアンテナを有する無線通信システムでは、アンテナ素子ごとに異なる無線信号を、基地局と制御局間で相対位相差と相対強度差を維持したまま伝送する技術が必要となる。

【0007】

このため、従来の報告では、ROF の伝送形態として、無線信号に周波数変換以外の信号処理を施さない波長多重伝送、あるいは、各ブランチにそれぞれ光ファイバを割り当てる手法が取られている。以下では、一つのアンテナ素子から送受信される信号を処理する系のことをブランチと呼ぶことにする。

【0008】

各ブランチごとに光ファイバを設ける手法では、基地局と制御局を接続する光ファイバの本数が大幅に増加するため、光ファイバの利用効率が低くなるとともに、複数の基地局と接続される制御局側の光伝送系の構成が複雑化し、規模も大きくなる。すなわち、アダプティブアンテナを有する無線通信システムに対する ROF 技術は、光伝送系部分の構成要素が複雑かつ大規模になるという問題があり、基地局及び制御局の構成を簡易・小型化するのが難しい。

【0009】

これに対して、光ファイバによる伝送系において、一つの光源によって複数の無線信号を周波数軸で多重化する方式として、サブキャリア多重伝送(SCM)が知られている。ROF の実現方法として、SCMを用いると、必要な光ファイバが送受信あわせて一本ですむため、システム構築が低コスト化でき、また、光合波器・光分波器が不要でかつ光源が一つですむ等のメリットがある。それゆえ、各ブランチの送受信信号を一旦周波数変換し、それぞれにサブキャリアを割り当てて光ファイバ内を伝送する方式が有効である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の二つの手法では、各アンテナ素子にE/O 変換器(電気/光変換器)とO/E 変換器(光/電気変換器)の対を割り当てるため、基地局及び制御局には、ブランチ数分の対が必要となる。つまり、基地局及び制御局の光伝送部の構成要素が大幅に増加し、構成が複雑化して大きくなるという問題がある。

【 0 0 1 1 】

また、基地局と制御局間で波長多重伝送を行う場合には、光合波器、光分波器、および光源の波長制御器等の構成を追加する必要がある、非常に高価なシステムになってしまう。

【 0 0 1 2 】

また、SCMを用いる方式では、基地局-制御局間でキャリア同期とタイミング同期をとらなければ、多重化された各ブランチの信号を正しく取り出すことができないという問題がある。

【 0 0 1 3 】

本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、その目的は、構成を複雑にすることなく、制御局から基地局に送信される送信信号の位相および振幅調整を簡易かつ精度よく行うことができる無線通信システムを提供することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

上述した課題を解決するために、請求項 1 の発明は、無線通信端末と、この無線通信端末と無線通信を行う基地局と、この基地局と有線伝送路を介して接続された制御局とからなる無線通信システムにおいて、前記基地局は、複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナと、前記有線伝送路を介して前記制御局から伝送されてきた前記各アンテナ素子に対応した各々の送信信号を、前記有線伝送路を介して前記制御局にフィードバックするフィードバック手段を有し、前記制御局は、前記フィードバック手段からフィードバックされた前記各送信信号の中から、少なくとも二つの信号を比較し、位相差及び又は振幅変動量を検出する比較検出手段と、前記比較検出手段で検出した位相差及び又は振幅変動量に基づいて、前記複数のアンテナ素子に対応した各々の送信信号を補償する補償手段とを有する。

請求項 1 の発明では、制御局が基地局に伝送した送信信号と、そのフィードバック信号とを比較して、位相差および振幅変動量を検出するため、簡易な構成で精度よく位相および振幅調整を行うことができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 2 および 3 の発明では、送信信号を制御局にフィードバックする際、フィードバック信号にパイロット信号を挿入するため、このフィードバック信号により、受信系での相対位相差と相対振幅変動量を検出することができ、その検出結果により、送信系の相対位相差と相対振幅変動量を検出することもできる。

【 0 0 1 6 】

請求項 4 の発明では、各送信信号の絶対位相差と絶対振幅変動量を検出することができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 5 の発明では、各アンテナ素子に対応する送信信号のいずれかを任意に選択できるため、各送信信号の絶対位相差と絶対振幅変動量を検出することができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 5 ～ 7 の発明では、送信信号を制御局にフィードバックするための専用伝送媒体を設けるため、パイロット信号なしに、相対位相差と相対振幅変動量を検出することができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 8 の発明では、位相差と振幅変動量を補償するための校正係数を加味した重み係数を演算するため、送信信号の重み付けと校正をまとめて行うことができる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用した無線通信システムについて、図面を参照しながら具体的に説明する。

【 0 0 2 1 】

(第 1 の実施形態)

図 1 は本発明に係る無線通信システムの第 1 の実施形態のブロック図である。図 1 のシステムは、アダプティブアンテナ 1 を有する基地局 2 と制御局 3 とを光ファイバ 4 で接続し、サブキャリア多重伝送を行う例を示している。図 1 のアダ

プティブアンテナ 1 は、3つのアンテナ素子 1a~1c を有するが、アンテナ素子 1a~1c の数には特に制限はない。

【0022】

図 1 の基地局 2 は、受信系の構成として、送受信の切り替えを行うサーキュレータ 5a~5c と、送受信信号の合成を行う合成器（合成手段）6a~6c と、制御局 3 にフィードバックする送信信号にパイロット信号を挿入するパイロット信号挿入器（パイロット信号挿入手段）7 と、パイロット信号挿入器 7 の出力信号を増幅するローノイズアンプ 8a~8c と、ローノイズアンプ 8a~8c の各出力信号をそれぞれ異なる周波数信号にダウンコンバートする周波数変換器（第 1 の周波数変換手段）9a~9c と、周波数変換器 9a~9c から出力された各周波数信号を多重化する合成器（周波数多重化手段）10a~10c と、合成器 10a~10c で合成された信号を光信号に変換して光ファイバ 4 を介して制御局 3 に伝送する電気／光変換器（第 1 の電気／光変換手段）11 とを有する。

【0023】

また、図 1 の基地局 2 は、送信系の構成として、制御局 3 から伝送されてきた光信号を電気信号に変換する光／電気変換器 12 と、光／電気変換器 12 の出力信号を複数の周波数信号に分配する分配器 13 と、分配器 13 で分配された各周波数信号を無線周波数の信号に変換する周波数変換器 14a~14c と、周波数変換器 14a~14c の出力信号を増幅する増幅器 15a~15c と、増幅器 15a~15c の出力信号をサーキュレータ 5a~5c と合成器 6a~6c に分岐させるカップラ 16a~16c とを有する。

【0024】

この他、図 1 の基地局 2 は、周波数変換器 9a~9c, 14a~14c にそれぞれ局部発振信号を供給する周波数シンセサイザ 17 を有する。周波数シンセサイザ 17 は、それぞれ周波数の異なる信号を出力する複数の局部発振器を有するか、あるいは、一つの局部発振器と、この局部発振器から出力された局部発振信号を逡倍または分周して複数の周波数信号を出力する分周器とを有する。

【0025】

一方、図 1 の制御局 3 は、受信系の構成として、基地局 2 から伝送されてきた

光信号を電気信号に変換する光／電気変換器（光／電気変換手段）21と、光／電気変換器21の出力信号を複数の信号に分配する分配器（分配手段）22と、分配器22から出力された各信号をそれぞれ異なる周波数の信号に変換する周波数変換器（第3の周波数変換手段）23a～23cと、周波数変換器23a～23cの出力信号に基づいて送信信号のフィードバック信号を検出するフィードバック信号検出器（フィードバック手段）24と、フィードバック信号に基づいて校正係数を演算する校正係数演算回路（比較手段）25と、校正係数に基づいて送受信の重み係数を演算するアダプティブアンテナ重み係数演算回路（重み係数演算手段）26と、演算された重み係数に基づいて受信信号の重み付けを行う乗算器（第1の重み付け手段）27a～27cと、乗算器27a～27cの各出力信号を合成する合成器28と、合成器28で合成された信号を復調する復調器29とを有する。

【0026】

また、図1の制御局3は、送信系の構成として、送信用の変調信号を生成する変調器31と、変調信号を複数の信号に分配する分配器32a～32cと、分配された変調信号を重み係数に基づいて重み付けする乗算器（第2の重み付け手段）33a～33cと、乗算器33a～33cの出力信号をそれぞれ異なる周波数の信号に変換する周波数変換器34a～34cと、周波数変換器34a～34cの出力信号を多重化する合成器35と、合成器35で多重化された信号を光信号に変換して光ファイバ4を介して基地局2に伝送する電気／光変換器36とを有する。

【0027】

この他、図1の制御局3は、周波数変換器23a～23c、34a～34cにそれぞれ局部発振信号を供給する周波数シンセサイザ37を有する。周波数シンセサイザ37は、それぞれ周波数の異なる信号を出力する複数の局部発振器を有するか、あるいは、一つの局部発振器と、この局部発振器から出力された局部発振信号を逡倍または分周して複数の周波数信号を出力する分周器とを有する。本実施形態では、基地局2内の周波数シンセサイザ17と制御局3内の周波数シンセサイザ37は、周波数とタイミングの同期が取れていると仮定する。

【0028】

図 1 の基地局 2 において、合成器 6 a ~ 6 c、パイロット信号挿入器 7、ローノイズアンプ 8 a ~ 8 c、周波数変換器 9 a ~ 9 c、合成器 9 および電気／光変換器 1 1 がフィードバック手段に対応し、周波数変換器 8 a ~ 8 c、9 a ~ 9 c、合成器 1 0、および電気／光変換器 1 1 が伝送手段に対応する。また、図 1 の制御局 2 において、重み係数演算回路 2 6 と乗算器 2 7 a ~ 2 7 c、3 3 a ~ 3 3 c とが補償手段に対応し、フィードバック信号検出器 2 4 が第 1 および第 2 の検出手段に対応する。

【 0 0 2 9 】

図 1 の基地局 2 は、制御局 3 から基地局 2 に伝送された送信信号を、アレーアンテナ 1 から放射する前に、基地局 2 内の受信系を介して制御局 3 にフィードバックする。また、制御局 3 は、フィードバック信号のうち 2 つの信号を比較し、送信信号の相対位相差と相対振幅変動量を補償するための校正係数を生成する。

【 0 0 3 0 】

以下、図 1 の無線通信システムの動作を説明する。アンテナ素子 1 a ~ 1 c で受信された信号と制御局 3 から基地局 2 に伝送されてきた送信信号とは、合成器 6 a ~ 6 c で合成された後、パイロット信号挿入器 7 によりパイロット信号が挿入される。その後、ローノイズアンプ 8 a ~ 8 c を介して周波数変換器 9 a ~ 9 c に入力され、各アンテナ素子 1 a ~ 1 c に対応する各ブランチごとにそれぞれ異なる周波数に変換される。このとき、光ファイバ 4 や光源の周波数特性等に応じた中間周波数に変換するのが望ましい。中間周波数に変換することにより、光伝送系の構成を簡略化することができる。周波数変換器 9 a ~ 9 c の出力信号は、合成器 1 0 にて周波数が多重化された後、電気／光変換器 1 1 にて光信号に変換されて基地局 2 に伝送される。

【 0 0 3 1 】

図 2 は合成器 1 0 で周波数多重化された信号の周波数スペクトル図である。図 2 に示すように、アレーアンテナ 1 での受信信号と、パイロット信号と、制御局 3 からの送信信号とが、それぞれ異なる周波数間隔で配置され、これらを一群としてサブキャリア $f_1 \sim f_3$ が割り当てられる。なお、周波数変換器 9 a ~ 9 c の内部に設けられる不図示の帯域フィルタは、各サブキャリアの信号群を通過可能

な帯域を持っている必要がある。

【0032】

制御局 3 に伝送されてきた光信号は、制御局 3 内の電気／光変換器 21 にて再び電気信号に変換された後、分配器 22 にて複数のブランチ信号に分配される。これらブランチ信号は、周波数変換器 23a～23c にて同一の周波数信号に変換された後、フィードバック信号検出器 24 と乗算器 27a～27c に入力される。

【0033】

フィードバック信号検出器 24 は、周波数変換器 23a～23c の各出力信号の中から、制御局 3 が送信した送信信号と、パイロット信号と、アダプティブアンテナ 1 で受信された受信信号とを抽出する。

【0034】

校正係数演算回路 25 は、フィードバック信号検出器 24 で抽出された各ブランチの送信信号のうち、いずれか一つのブランチの送信信号を基準として、残りのブランチの送信信号との相対位相差と相対振幅偏差を検出し、検出結果に応じた校正係数を演算する。

【0035】

重み係数演算回路 26 は、周波数変換器 23a～23c の出力信号と、校正係数演算回路 25 で演算された校正係数と、ビーム制御のために計算された送信／受信ウェイトとに基づいて、送信信号に対する重み係数と受信信号に対する重み係数を演算する。

【0036】

乗算器 27a～27c は、周波数変換器 23a～23c の出力信号と重み係数演算回路 26 で演算された重み係数とを乗算して受信信号の重み付けを行う。重み付けされた受信信号は、復調器 29 に入力されて復調される。

【0037】

一方、制御局 3 内の変調器 31 で変調された送信信号は、乗算器 33a～33c にて、重み係数演算回路 26 で演算された重み係数と乗算されて、重み付けされる。重み付けされた送信信号は、周波数変換器 34a～34c にてそれぞれ異

なる周波数の信号に変換された後、合成器 3 5 にて周波数多重化される。

【0 0 3 8】

周波数多重化された送信信号は、電気／光変換器 3 6 にて光信号に変換された後、光ファイバ 4 を介して基地局 2 に伝送される。

【0 0 3 9】

基地局 2 に伝送されてきた光信号は、分配器 1 3 にて複数のブランチ信号に分配され、各ブランチ信号は周波数変換器 1 4 a ～ 1 4 c に入力されて無線周波数の信号にアップコンバートされる。

【0 0 4 0】

周波数変換器 1 4 a ～ 1 4 c の各出力信号は、増幅器 1 5 a ～ 1 5 c に入力されて増幅された後、カップラ 1 6 a ～ 1 6 c とサーキュレータ 5 a ～ 5 c を介してアンテナ素子 1 a ～ 1 c に入力される。

【0 0 4 1】

次に、図 1 のフィードバック信号検出器 2 4、校正係数演算回路 2 5、および重み係数演算回路 2 6 の詳細構成および動作について説明する。

【0 0 4 2】

校正係数演算回路 2 5 は、図 3 に詳細構成を示すように、位相差検出器 5 1 と、振幅比検出器 5 2 と、演算器 5 3 とを有する。位相差検出器 5 1 と振幅比検出器 5 2 の双方には、周波数変換器 2 3 a ～ 2 3 c の各出力信号がそれぞれ入力される。位相差検出器 5 1 は各出力信号間の位相差を検出し、振幅比検出器 5 2 は各出力信号間の振幅偏差を検出する。

【0 0 4 3】

演算器 5 3 は、1 番目のブランチを基準としたときの j 番目のブランチの相対位相差を θ_{1j} 、相対振幅比を A_{1j} とした場合、以下の (1) ～ (3) 式に基づいて、校正係数 $C_1 \sim C_3$ を演算する。

【0 0 4 4】

【数 1】

$$C_1 = 1 \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{1}{A_{12}} e^{-j\theta_{12}} \quad (2)$$

$$C_3 = \frac{1}{A_{13}} e^{-j\theta_{13}} \quad (3)$$

図 3 の位相差検出器 5 1 は、図 4 に詳細構成を示すように、乗算器 6 1 と、低域フィルタ 6 2 と、位相識別器 6 3 とを有する。送信信号とフィードバック信号を乗算器 6 1 で乗算した後、低域フィルタ 6 2 で高周波成分を除去することにより、 $\cos \theta_{ij}$ に比例した偏差成分を得ることができる。

【0 0 4 5】

図 3 の振幅比検出器 5 2 は、図 5 に詳細構成を示すように、位相補正器 6 5 と、ダイオード 6 6 a, 6 6 b と、サンプリング器 6 7 a, 6 7 b と、割り算器 6 8 とを有する。位相補正器 6 5 は、2 種類の送信信号のうち一方の送信信号の位相差補正を行って同相入力とする。位相補正器 6 5 の出力と他方の送信信号は、それぞれダイオード 6 6 a, 6 6 b に入力されて包絡線成分が取り出される。これら包絡線成分はサンプリング器 6 7 a, 6 7 b でサンプリングされ、サンプリング出力の比が割り算器 6 8 で得られる。

【0 0 4 6】

図 1 の重み係数演算回路 2 6 は、校正係数と周波数変換器 2 3 a ~ 2 3 c の各出力信号に基づいて、所望のアンテナパターンを形成するための送信ウェイト $w'_{T1} \sim w'_{T3}$ を演算する。送信ウェイト $w'_{T1} \sim w'_{T3}$ は、以下の (4) 式で示すように、位相成分 $e^{j\phi_i}$ と振幅成分 M とに分離することができる。

【0 0 4 7】

$$w'_{Tj} = M e^{j\phi_i} \quad (j = 1, 2, 3) \quad \dots (4)$$

結局、送信系のみの位相変動 θ'_{ij} は、 $\theta'_{ij} = \theta_{ij} - \phi_i - \phi_{ij}$ 、振幅変動 A'_{ij} は、 $A'_{ij} = A_{ij} / (M \cdot B_{ij})$ で求められるので、補償すべき送信系の校正係数 C_T は、(5) ~ (7) 式のようなになる。

【数 2】

$$C_{T1} = 1 \quad (5)$$

$$C_{T2} = \frac{1}{A'_{12}} e^{-j\theta'_{12}} \quad (6)$$

$$C_{T3} = \frac{1}{A'_{13}} e^{-j\theta'_{13}} \quad (7)$$

(5) ~ (7) 式により、乗算器 3 3 a ~ 3 3 c で重み付けされる校正値を含んだ送信信号に対する重み係数は、(8) 式のようなになる。

【0 0 4 8】

$$w_{Ti} = w'_{Ti} \cdot C_{Ti} \quad (i = 1, 2, 3) \quad \dots (8)$$

上述した (5) ~ (8) 式で示すような重み付けを行うことにより、アンテナ端から送信される地点で、所望のビームパターンを形成する信号が得られる。

【0 0 4 9】

同様に、受信系の校正係数 C_{Ri} は、以下の (9) ~ (11) 式で表される。

【0 0 5 0】

【数 3】

$$C_{R1} = 1 \quad (9)$$

$$C_{R2} = \frac{1}{B_{12}} e^{-j\phi_{12}} \quad (10)$$

$$C_{R3} = \frac{1}{B_{13}} e^{-j\phi_{13}} \quad (11)$$

図 1 の校正係数演算回路 2 5 は、上述した (5) ~ (7) 式に基づいて送信系の校正係数を演算するとともに、上述した (9) ~ (11) 式に基づいて受信系の校正係数を演算する。また、重み係数演算回路 2 6 は、上述した (8) 式に基づいて送信信号に対する重み係数を演算し、同様にして受信信号に対する重み係数も演算する。

【0 0 5 1】

次に、パイロット信号挿入器 7 で挿入されるパイロット信号について説明する。パイロット信号は、例えば、PN 系列（擬似ランダム雑音系列）等で構成され、その信号列は制御局 3 - 基地局 2 間で既知とする。また、パイロット信号は、フィードバックされる送信信号に時分割で挿入したり、周波数分割で挿入するこ

とが可能であるが、いずれの場合も、等振幅の信号を各ブランチごとに同時に挿入する必要がある。

【 0 0 5 2 】

このように、パイロット信号としてPN系列を同時に挿入した場合、フィードバック信号検出器 2 4 で取り込まれた各ブランチのパイロット信号は、相関処理を行うことにより、図 6 に示すように、その到達タイミングと相関強度を表すインパルス性の強い相関出力になる。この相関出力により、受信系における各ブランチ間の到達遅延時間差 t_1 , t_2 を観測でき、変動位相差 ϕ_{ij} を求めることができる。また、ピーク値を比較することにより、受信系の各ブランチ間の相対振幅比 B_{ij} を検出することができる。

【 0 0 5 3 】

上述した実施形態では、PN 系列のパイロット信号を用いたが、正弦波の搬送波だけをパイロット信号としてフィードバックしてもよい。この場合、制御局 3 のフィードバック信号検出器 2 4 は、前述の位相差検出器の構成と同様に、乗積器と低域フィルタにより、相対位相差 ϕ_i と相対強度比 B_i を推定することができる。

【 0 0 5 4 】

このように、第 1 の実施形態では、基地局 2 から制御局 3 に対して、送信信号のフィードバック信号と、アレーアンテナ 1 での受信信号と、パイロット信号とを多重化して伝送するため、パイロット信号に基づいて、制御局 3 内で送信信号の相対位相差と相対振幅変動量を検出することができる。また、パイロット信号を用いることにより、周波数シンセサイザ 1 7, 3 7 から出力される各局部発振信号の同期確立や、基地局 2 と制御局 3 との間で伝送される各ブランチ信号の同期確立が可能になる。

【 0 0 5 5 】

また、第 1 の実施形態では、図 4 や図 5 に示すような簡易な構成の位相差検出器 5 1 や振幅比検出器 5 2 を用いて相対位相差と相対振幅変動量を検出できるため、システムの構成を簡略化でき、コストもそれほどかからない。また、アダプティブアンテナにおける送信ビーム制御を精度よく行えるため、高利得かつ狭ビ

ームにより端末局を追尾することができ、一つの基地局 2 当たりのカバーエリアを拡大でき、ハンドオフ先基地局 2 の回線混雑による呼損率を低く抑えることもできる。

【0056】

さらに、メインビームに比べて角度的にセンシティブなヌルの制御を精度よく行えるため、隣接基地局 2 や他の基地局 2 と通信中の端末局への干渉を抑えることができ、通信品質を改善できるとともに、システム全体としてのユーザ収容能力の向上が図れる。

【0057】

なお、上述した実施形態では、図 2 に示すように、送信信号とパイロット信号を周波数多重する方式について説明したが、送信信号とパイロット信号を時分割多重して制御局 3 にフィードバックする方式を採用してもよい。

【0058】

この方式を採用すれば、周波数変換器の通過帯域幅を狭くすることができ、また、各コンポーネントのわずかな周波数特性の影響による推定誤差の発生を防止できる。

【0059】

また、光ファイバ中では、多重されている受信信号、送信信号およびパイロット信号を受信後に分離することは容易なため、通信中でも校正を行うことができ、校正のために通信が遮断されるような不具合が起きなくなる。

【0060】

(第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態は、送信信号の絶対位相を検出するものである。

【0061】

図 7 は本発明に係る無線通信システムの第 2 の実施形態のブロック図である。図 7 では、図 1 と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

【0062】

図 7 の基地局 2 は、図 1 の基地局 2 と同様に構成されている。図 7 の制御局 3

は、図 1 の構成に加えて、重み付けされた送信信号のいずれか一つを選択する切替器（制御局内切替手段）71 を有する。図 7 の校正係数演算回路 25 は、切替器 71 で選択された送信信号と、フィードバック信号検出器 24 の出力とに基づいて、送信信号の絶対位相と振幅変動の絶対値を検出する。

【0063】

図 7 の校正係数演算回路 25 の出力 C_{Ti} は (12) 式のようにになる。

【0064】

【数 4】

$$C_{Ti} = \frac{B_i}{A_i} e^{-j(\theta_i - \phi_i)} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (12)$$

ここで、 θ_i は i 番目のブランチの絶対位相、 A_i は i 番目のブランチの絶対振幅変動量、 ϕ_i はパイロット信号を基準として求められた i 番目の受信ブランチの絶対位相、 B_i はパイロット信号を基準として求められた i 番目の受信ブランチの絶対振幅変動量である。

【0065】

(12) 式に示すように、 θ_i と ϕ_i との差分を演算することにより、送信信号の絶対位相と絶対振幅変動量を演算することができる。

【0066】

図 7 の重み係数演算回路 26 は、以下の (13) 式に基づいて送信信号の重み係数 w_{Ti} を演算する。

【0067】

$$w_{Ti} = w'_{Ti} \cdot C_{Ti} \quad (i = 1, 2, 3) \quad \dots (13)$$

アダプティブアンテナを有する無線通信システムでは、送信信号の相対位相と相対振幅変動量がわかれば、正しい送信信号を形成できるが、それ以外の目的で各送信ブランチの絶対位相と絶対振幅変動値を知る必要がある場合に、上述した第 2 の実施形態は有効である。

【0068】

また、第 2 の実施形態は、送信信号がフィードバック伝送経路を介して戻って

くるまでの遅延時間、すなわち位相回転が信号の 1 シンボル長に比べて十分短い場合に有効である。

【 0 0 6 9 】

(第 3 の実施形態)

第 3 の実施形態は、パイロット信号なしで絶対位相差と絶対振幅変動量を検出するものである。

【 0 0 7 0 】

図 8 は本発明に係る無線通信システムの第 3 の実施形態のブロック図である。図 8 では、図 7 と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

【 0 0 7 1 】

図 8 の無線通信システムは、パイロット信号を伝送しない代わりに、制御局 3 から基地局 2 に伝送された送信信号を制御局 3 にフィードバックする校正用の伝送経路を有することを特徴とする。

【 0 0 7 2 】

図 8 の基地局 2 は、制御局 3 からの送信信号のいずれか一つを選択する切替器 (基地局内切替手段) 7 2 と、切替器 7 2 で選択された信号を増幅する増幅器 7 3 と、増幅器 7 3 で増幅された信号の周波数を変換する周波数変換器 (第 2 の周波数変換手段) 7 4 と、周波数変換器 7 4 の出力信号を光信号に変換する光／電気変換器 (第 2 の電気／光変換手段) 7 5 とを有する。

【 0 0 7 3 】

また、図 8 の制御局 3 は、基地局 2 から伝送されてきた送信信号のフィードバック信号を電気信号に変換する光／電気変換器 (第 2 の光／電気変換手段) 7 6 を有する。光／電気変換器 7 6 の出力信号は、フィードバック信号検出器 2 4 に入力される。

【 0 0 7 4 】

図 8 の無線通信システムでは、基地局 2 内の切替器 7 2 と制御局 3 内の切替器 7 1 を順次切り替えて、送信ブランチを一つずつ校正する。ただし、現在校正しているアンテナ素子に対応するブランチを、制御局 3 と基地局 2 はともに把握し

ているものとする。

【0075】

また、図8の無線通信システムでは、各送信ブランチの位相差と振幅変動量は互いに異なっているが、専用のフィードバック伝送経路の位相差と振幅変動量は常に共通であるため、校正係数演算回路25で求められた各ブランチの校正係数は、ブランチ間で相対的な値として求められる。図8に示すようなアダプティブアンテナを有するシステムでは、相対位相と相対振幅が一定であればアンテナパターンは一意に定まるため、絶対的な位相や振幅変動量がわからなくても、校正を正しく行うことができる。

【0076】

また、図8の無線通信システムにおける受信系の校正は、第1の実施形態と同様に、送信系の校正が確立した後、基地局2において送信信号を受信系を介して制御局3にフィードバックし、制御局3で送信信号に対する重み係数で重み付けした送信信号と比較することにより、受信系の校正係数を求めることができる。

【0077】

このように、第3の実施形態では、パイロット信号を用いることなく相対位相差と相対振幅変動量を検出できるため、基地局2内でパイロット信号を挿入して多重化する処理が不要となり、また、制御局3内でパイロット信号を分離抽出する処理も不要となる。したがって、システムの構成を簡略化することができる。

【0078】

(第4の実施形態)

上述した第1～第3の実施形態では、重み係数演算回路26にて、校正係数を加味した送信信号に対する重み係数を生成して送信信号の重み付けを行う例を説明したが、送信ウェイトによる送信信号の重み付けとは別個に、校正係数による送信信号の重み付けを行ってもよい。

【0079】

図9は本発明に係る無線通信システムの第4の実施形態のブロック図である。図9では図7と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

【 0 0 8 0 】

図 9 の基地局 2 は、図 7 と同様に構成されている。また、図 9 の制御局 3 内の校正係数演算回路 2 5 は、図 7 と同様の処理を行うが、その処理結果は、重み係数演算回路 2 6 ではなく、送信系に新たに設けられた乗算器（第 3 の重み付け手段）7 7 a ~ 7 7 c に供給される。

【 0 0 8 1 】

また、重み係数演算回路 2 6 は、校正係数演算回路 2 5 で演算された校正係数を考慮に入れずに、送信ウェイトと受信ウェイトを演算する。乗算器 3 3 a ~ 3 3 c は、送信ウェイトに基づいて送信信号の重み付けを行う。また、新たに追加された乗算器 7 7 a ~ 7 7 c は、重み付けされた送信信号に対して、校正係数に基づいてさらに重み付けを行う。

【 0 0 8 2 】

なお、上述した図 8 の無線通信システムについても、図 9 と同様に、送信ウェイトによる重み付けと校正係数による重み付けとを別々に行ってもよい。

【 0 0 8 3 】

図 1 0 は図 8 を変形した無線通信システムのブロック図である。図 1 0 の基地局 2 は、図 8 と同様に構成されている。また、図 1 0 の制御局 3 内の重み係数演算回路 2 6 は、校正係数演算回路 2 5 で演算された校正係数を考慮に入れずに、送信ウェイトと受信ウェイトを演算する。乗算器 3 3 a ~ 3 3 c は、送信ウェイトに基づいて送信信号の重み付けを行う。また、新たに追加された乗算器 7 7 a ~ 7 7 c は、重み付けされた送信信号に対して、校正係数に基づいてさらに重み付けを行う。

【 0 0 8 4 】

このように、第 4 の実施形態では、送信ウェイトによる重み付けと、校正係数による重み付けとを別々に行うため、どちらか一方のみを行うようにすることも可能になる。

【 0 0 8 5 】

（その他の実施形態）

上述した各実施形態では、R O F 内の伝送方式として副搬送波多重（S C M）

方式を用いる例を説明したが、SCM以外の伝送方式、例えば、波長多重伝送方式、複数の光ファイバをそれぞれ別々のブランチに割り当てる方式、時分割多重伝送方式、符号分割多重方式による方法等でも同様のシステムを構築できる。

【0086】

また、上述した各実施形態において、送信用の光ファイバケーブルと受信用の光ファイバケーブルとを別個に設けてもよいが、送受信信号は時分割複信または周波数分割複信されるので、1本の光ファイバで送受信を行ってもよい。

【0087】

さらに、上述した実施形態では、基地局2と制御局3を接続する有線通信媒体として光ファイバを用いる例を説明したが、同軸ケーブルやイーサネットケーブル等を用いたシステムでも、同様の校正処理を行うことができ、同様の効果が得られる。

【0088】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、制御局から基地局に伝送された送信信号を制御局にフィードバックさせ、送信信号とフィードバックされた信号との比較結果、またはフィードバックされた信号のいずれか2つの信号の比較結果に基づいて、送信信号の位相および振幅調整を行うため、制御局および基地局内を送信信号が伝搬する間に生じた位相差や振幅変動量を簡易かつ精度よく校正することができる。

【0089】

また、本発明によれば、通信中においても校正処理を行えるため、校正のために通信が遮断されるおそれもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る無線通信システムの第1の実施形態のブロック図。

【図2】

合成器で周波数多重化された信号の周波数スペクトル図。

【図3】

校正係数演算回路の詳細構成を示すブロック図。

【図 4】

位相差検出器の詳細構成を示すブロック図。

【図 5】

振幅比検出器の詳細構成を示すブロック図。

【図 6】

パイロット信号の到達タイミングと相関強度を示す図。

【図 7】

本発明に係る無線通信システムの第 2 の実施形態のブロック図。

【図 8】

本発明に係る無線通信システムの第 3 の実施形態のブロック図。

【図 9】

本発明に係る無線通信システムの第 4 の実施形態のブロック図。

【図 1 0】

第 4 の実施形態の変形例を示すブロック図。

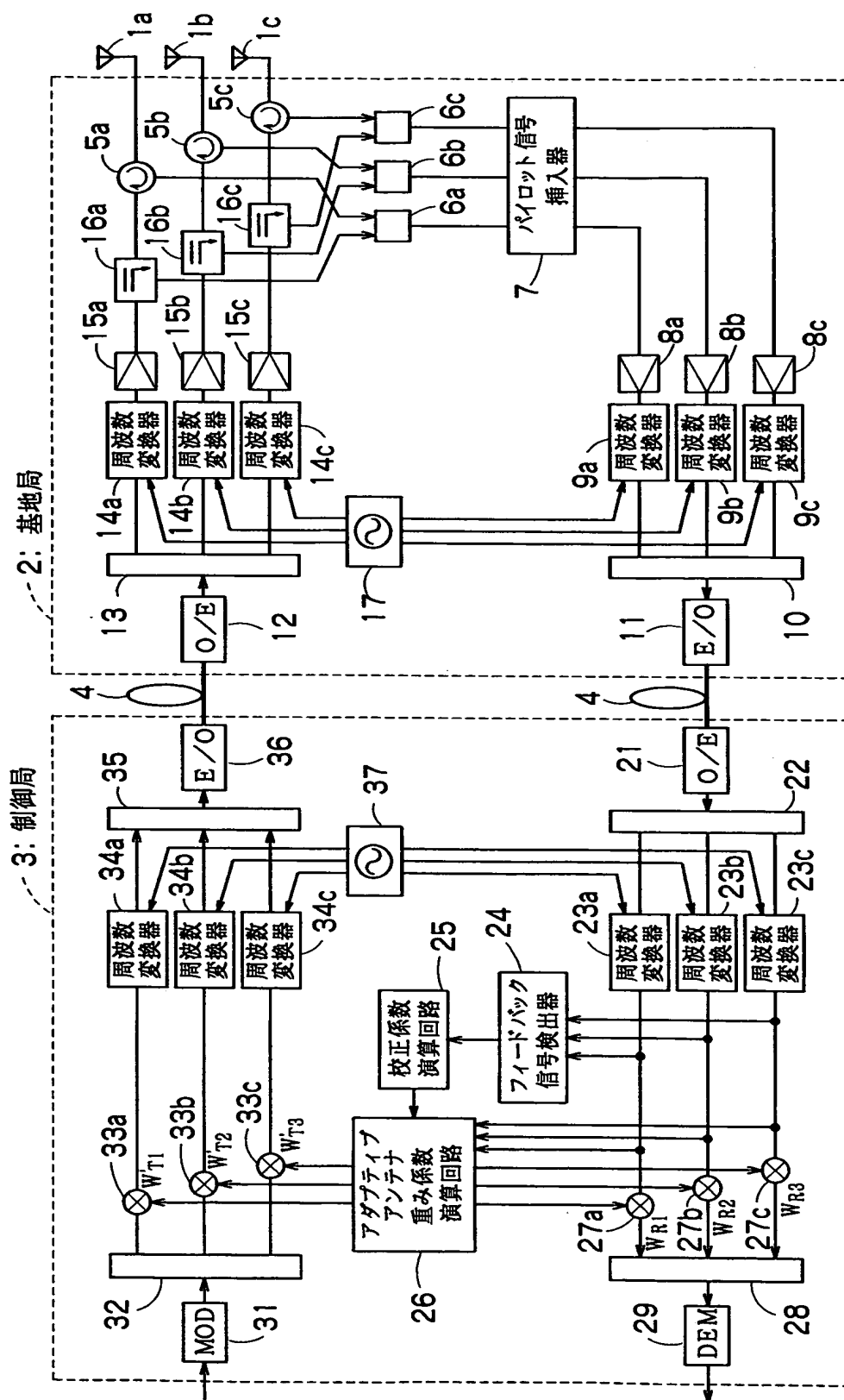
【符号の説明】

- 1 アレーアンテナ
 - 1 a ~ 1 c アンテナ素子
- 2 基地局
- 3 制御局
- 4 光ファイバ
 - 5 a ~ 5 c サーキュレータ
- 6 a ~ 6 c, 1 0 a ~ 1 0 c, 2 8, 3 5 合成器
- 7 パイロット信号挿入器
- 8 a ~ 8 c ローノイズアンプ
- 9 a ~ 9 c, 1 4 a ~ 1 4 c, 2 3 a ~ 2 3 c, 3 4 a ~ 3 4 c 周波数変換器
- 1 1, 3 6 a ~ 3 6 c 電気／光変換器
- 1 2, 2 1 光／電気変換器
- 1 3, 2 2, 3 2 a ~ 3 2 c 分配器

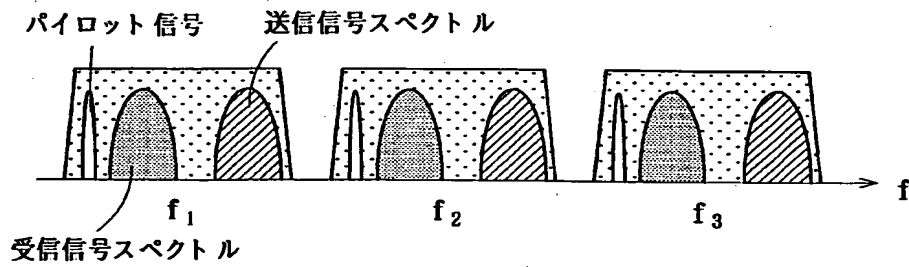
- 1 5 増幅器
- 1 6 a ~ 1 6 c カップラ
- 1 7 周波数シンセサイザ
- 2 4 フィードバック信号検出器
- 2 5 校正係数演算回路
- 2 6 重み係数演算回路
- 2 7 a ~ 2 7 c, 3 3 a ~ 3 3 c 乗算器
- 2 9 復調器
- 3 1 変調器

【書類名】 図面

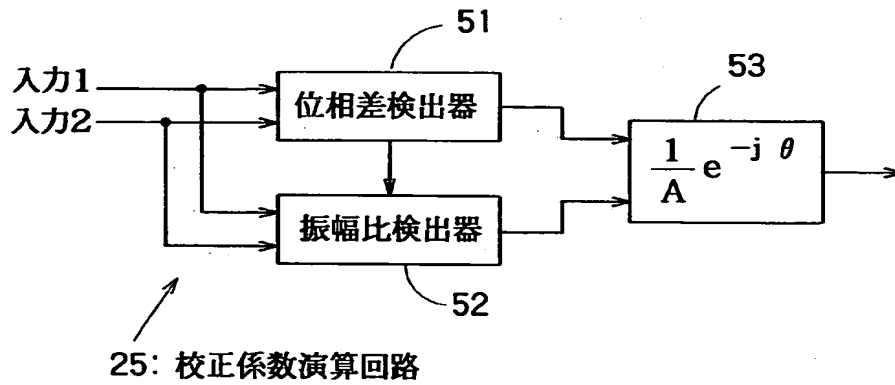
【図 1】



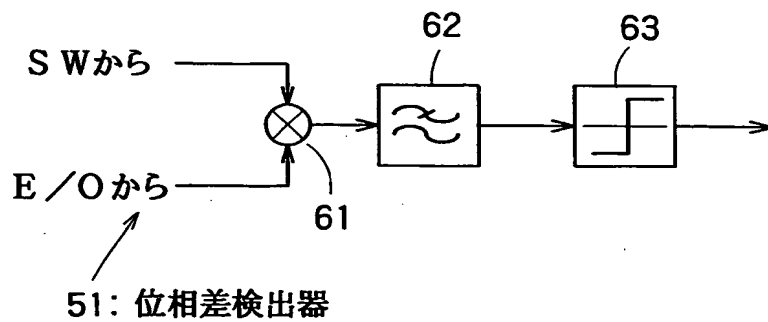
【図 2】



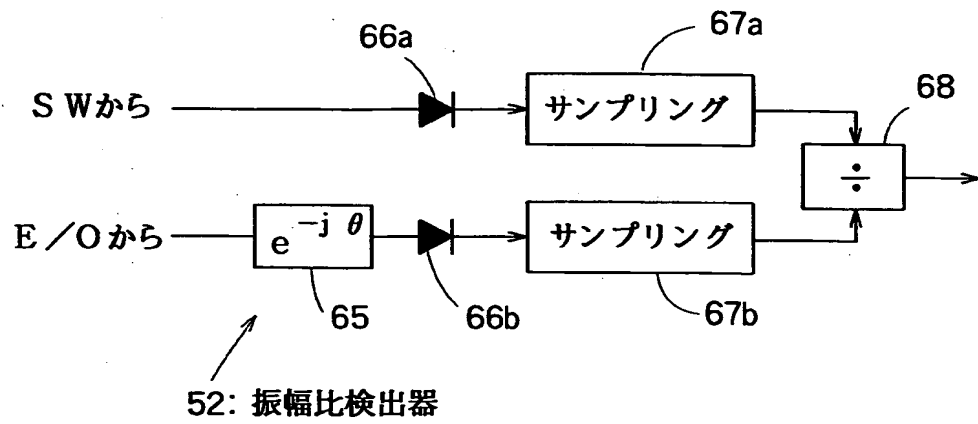
【図 3】



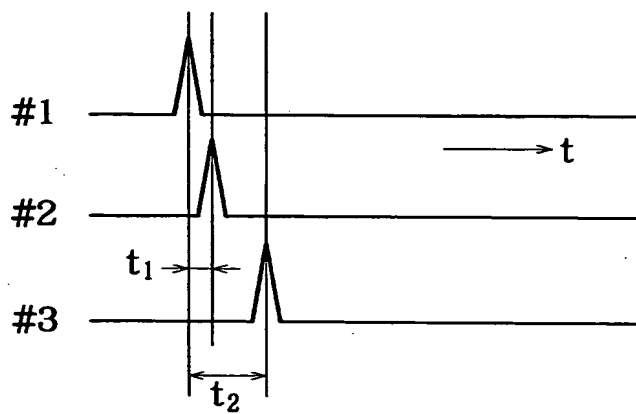
【図 4】



【図 5】



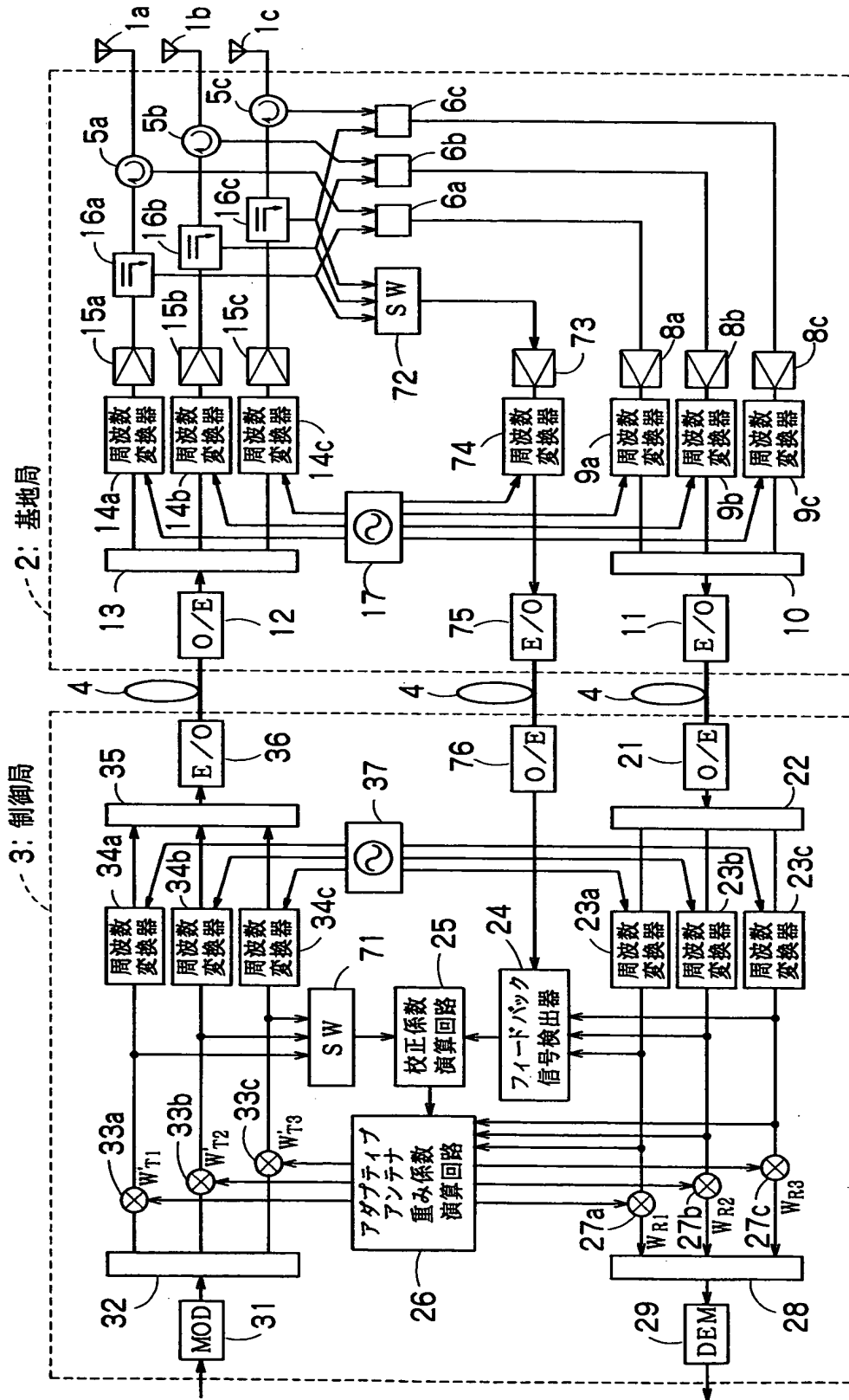
【図 6】



【図 7】

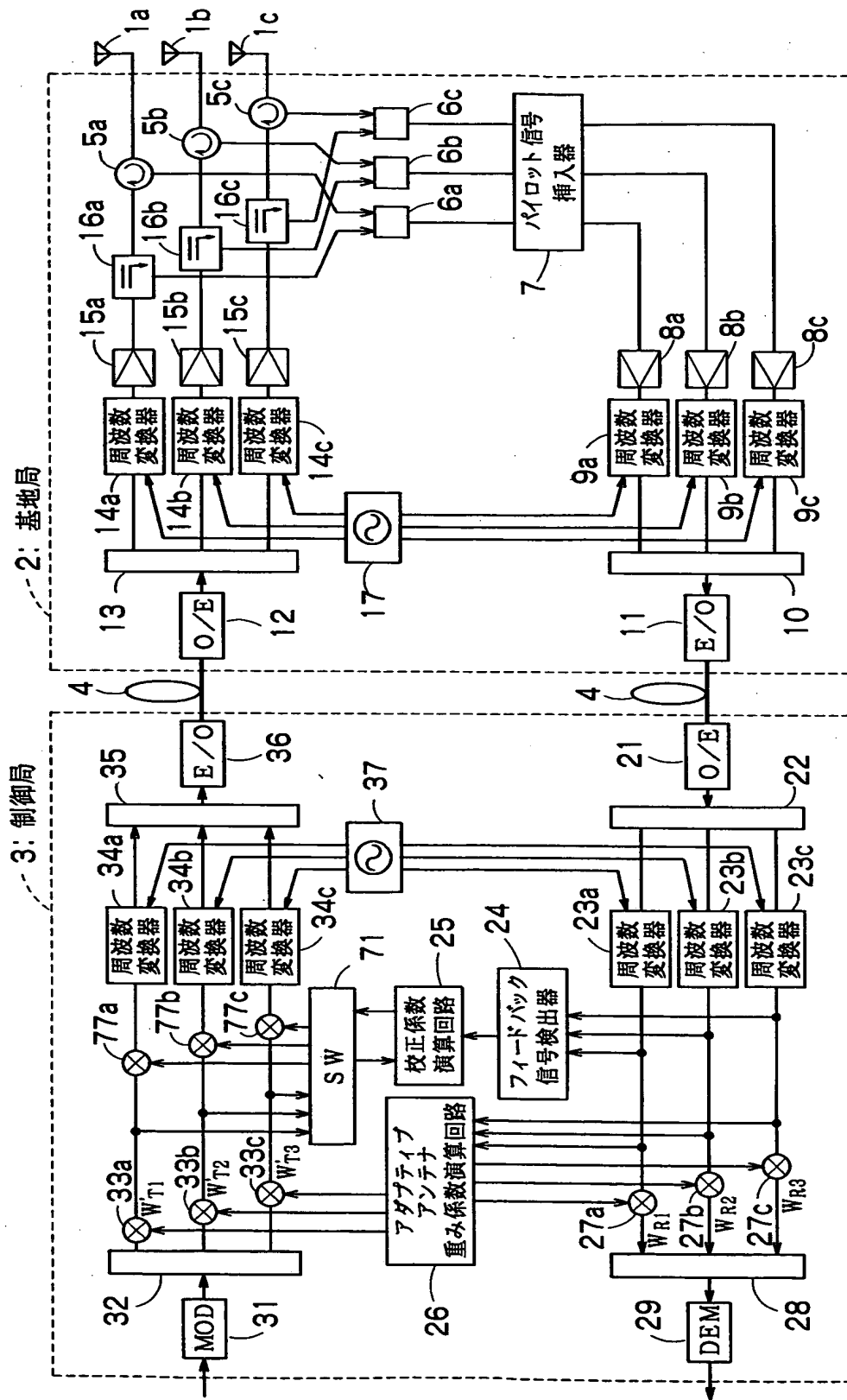


【図 8】



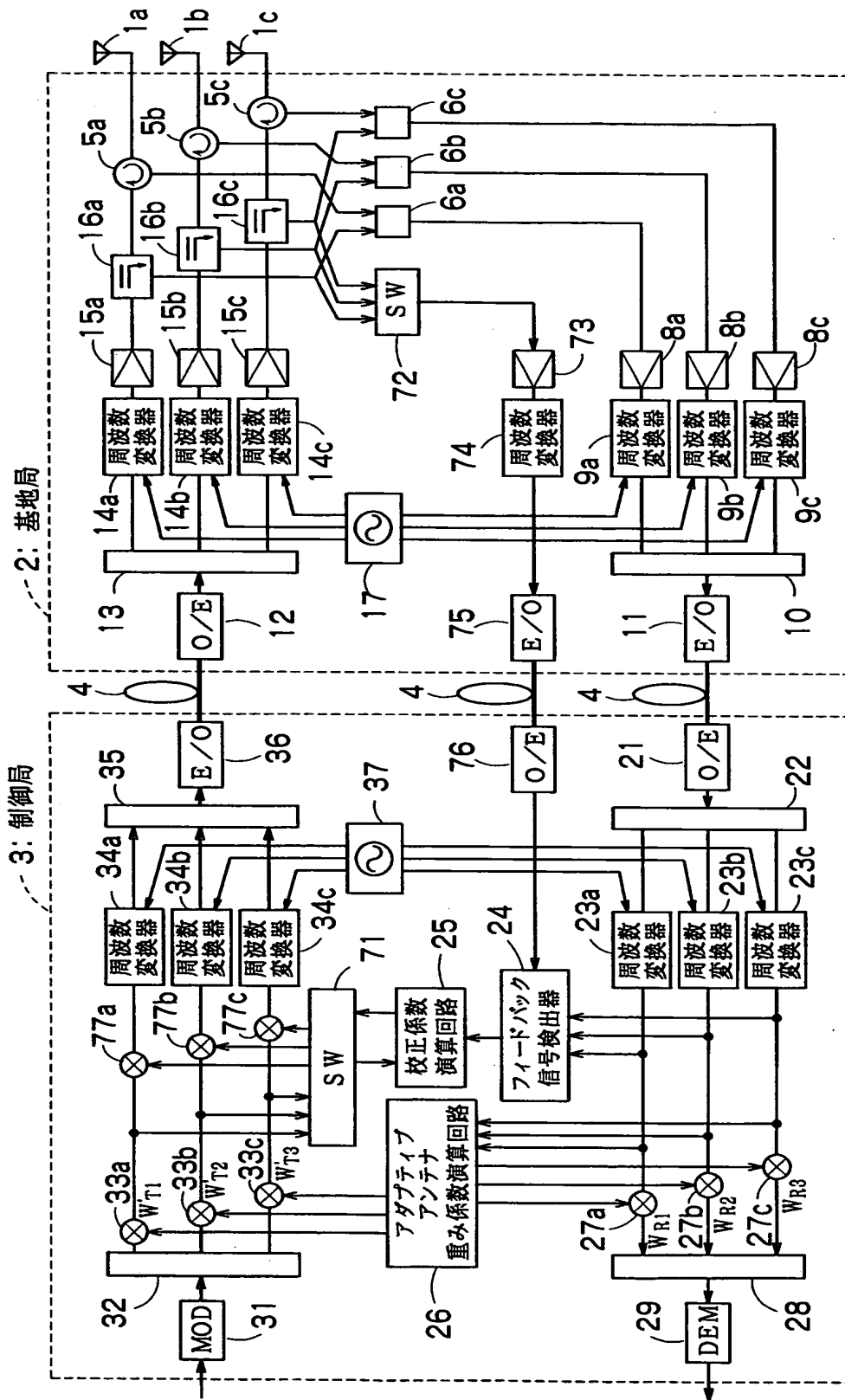
特平 1 1 - 2 5 9 3 4 6

【図 9】



特平 1 1 - 2 5 9 3 4 6

【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 構成を複雑にすることなく、制御局から基地局に送信される送信信号の位相および振幅調整を行うことができる無線通信システムを提供する。

【解決手段】 本発明の無線通信システムは、光ファイバで接続された基地局 2 と制御局 3 を有し、制御局 3 から基地局 2 に伝送された送信信号は、合成器 6 a ～ 6 c で受信信号と合成された後、パイロット信号挿入器でパイロット信号が挿入されて周波数多重化され、光信号に変換されて制御局にフィードバックされる。制御局内の校正係数演算回路は、フィードバック信号検出器で検出されたパイロット信号に基づいて、受信系の相対位相差と相対振幅変動量を演算し、その演算結果により、送信信号の相対位相差と相対振幅変動量を校正するための校正係数を演算する。校正係数で送信信号の位相および振幅を調整することにより、通信中であっても、簡易かつ精度よく校正を行うことができる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 2 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地
氏 名	株式会社東芝